Transports Canada
Développement

Transport Canada
Development

TP 5317F

Essai et évaluation du système NAWS de détection des niveaux de contrainte dans la coque du brise-glace canadien PIERRE-RADISSON

Rapport sommaire

Préparé pour le

Centre de développement des transports

MARS 1984

Canada

CA1
DTC 847
84
T22SZ
c.2

TP 5317F

ESSAI ET ÉVALUATION DU SYSTÈME NAWS de détection des niveaux de contrainte dans la coque du brise-glace canadien PIERRE-RADISSON

RAPPORT SOMMAIRE

Centre
(GSL)
REÇU LE
Transport Canada

Préparé pour le

Centre de développement des transports

Mars 1984

Les opinions exprimées dans ce rapport sont celles des auteurs et ne correspondent pas nécessairement aux opinions ou vues du Centre de développement des transports.

Also available in English under the title: "Test & Evaluation of NAWS: Hull Stress Monitor on C.C.G.S. PIERRE RADISSON", TP 5317E.

Équipe de recherche

L'équipe mise sur pied par German & Milne Inc. était formée de:

J. Gordon German

A. Benjamin

J.F. Stirling

B.G. Quart

H.P. Cojeen

FORMULE DE DOCUMENTATION POUR RAPPORT

1 N° du rapport Transports Canada	2 N° de l'étude — CDT	3 N° de catalogue du destinataire
TP5317F	4920	

4 Titre et sous titre

ESSAI ET EVALUATION DU SYSTEME NAWS DE DETECTION DES NIVEAUX DE CONTRAINTE DANS LA COQUE DU BRISE-GLACE CANADIEN PIERRE RADISSON

5 Date du rapport

mars 1984

6 N° du rapport de l'organisme executant

7 Auteur(s)

A. Benjamin

8 N° de dossier Transports Canada

D1460-166-39

9 Nom et adresse de l'organisme executant

German & Milne Inc.
4999 ouest rue Ste-Catherine
Suite 300
Westmount, Québec H3Z 1T3

10 N° de dossier — ASC

10SD.T8200-2-2571

11 N° de contrat — ASC ou Transports Canada

oSD82-00161

12 Nom et adresse de l'organisme parrain

Centre de développement des transports
1000 ouest rue Sherbrooke, Suite 2421
Montréal, Québec H3A 2R3

13 Genre de rapport et période visée

Sommaire
Février 1983-janvier 1984

14 Code de l'organisme parrain

4920

15 Remarques additionnelles

Test & Evaluation of NAWS: Hull Stress Monitor on C.C.G.S. PIERRE RADISSON (TP5322E) Rapport Final

16 Agent de projet — CDT

Gaétan Danis

17 Resume

La navigation dans une mer chargée de glaces fait largement appel à l'expérience et au jugement de l'officier navigateur. Le système NAWS modifie la navigation dans les glaces, en mettant à la disposition de cet officier l'information lui permettant d'exploiter le navire au plus près de ses capacités nominales.

Il s'agit d'un système réactionnel qui tire ses informations d'un réseau extensométrique réparti sur l'avant du navire, là où la coque est fortement exposée. L'emplacement des extensomètres a été déterminé par une analyse de la structure, complétée d'une bonne dose d'expérience dans le domaine considéré.

Les signaux émis par les extensomètres sont traités par des micro-ordinateurs qui les convertissent en information exploitable et les transmettent au pont. Une imprimante fait le relevé des impacts significatifs.

Un programme d'essai et d'évaluation du système a été conduit durant l'été de 1983 à bord du PIERRE-RADISSON, alors en mission d'escorte à l'intérieur du cercle polaire. Les performances ont été évaluées à l'aide d'un enregistreur contrôlé par ordinateur, et grâce à des sondages par voie de questionnaires et d'interviews personnels auprès du commandant et des officiers navigateurs.

Dix-sept rubans ont été enregistrés et analysés. D'après les réponses obtenues des intéressés, le système aurait atteint l'objectif fixé, ayant suscité un accueil enthousiaste parmi les utilisateurs. Le rapport formule des recommandations concernant les applications nouvelles possibles de ce système.

Le système, toujours en service à bord du PIERRE-RADISSON, facilite grandement la tâche des officiers navigateurs appelés à piloter ce navire dans les glaces, été comme hiver.

18 Mots clés	19 Diffusion
Système réactionnel. Détecteur des niveaux de contrainte. Instrumentation. Déglaçage. Navires de cote arctique.	Le CDT dispose d'un nombre limité d'exemplaires.

20 Classification de securite (de ce rapport)	21 Classification de securite (de cette page)	22 Nombre de pages	23 Prix
Non classifié	Non classifiée	24	-

CDT 1507 (2-85)

REPORT DOCUMENTATION FORM

1 Transport Canada Report No	2 TDC Project No	3 Recipient's Catalogue No
TP5317F	4920	

4 Title and Subtitle

TEST & EVALUATION OF NAWS: HULL STRESS MONITOR ON C.C.G.S. 'PIERRE RADISSON'

5 Report Date

March 1984

6 Performing Organization Report No

7 Author(s)

A. Benjamin

8 Transport Canada File No

D1460-166-39

9 Performing Organization Name and Address

German & Milne Inc.
4999 St. Catherine St. W., Suite 300
Westmount, Quebec
H3Z 1T3

10 DSS File No

10SD.T8200-2-2571

11 DSS or Transport Canada Contract No

OSD82-00161

12 Sponsoring Agency Name and Address

Transportation Development Centre
1000 Sherbrooke Street W., Suite 2421
Montreal, Quebec
H3A 2R3

13 Type of Report and Period Covered

Summary
February 1983-January 1984

14 Sponsoring Agency Code

4920

15 Supplementary Notes

'Test & Evaluation of NAWS: Hull Stress Monitor on C.C.G.S. 'PIERRE RADISSON' (TP5322E) - Final Report

16 TDC Project Officer

Gaétan Danis

17 Abstract

Navigation of ships in ice currently relies heavily on the experience and judgement of the navigators. The NAWS System initiates a new concept in ice navigation. The objective is to provide the navigator with sufficient information to aid him/her to navigate icebreakers nearer the ship's optimum design specifications.

NAWS is a response monitoring system that obtains primary information from an array of strain gauges installed at high risk areas on the forebody structure of the ship. The locations of the gauges are determined using structural analysis supplemented by practical experience.

The sensor signals are processed by microprocessors and impact magnitude and location information displayed on a front panel on the navigating bridge. A printer keeps a permanent record of higher stresses.

A test and evaluation program for the NAWS system was conducted in summer 1983 on the CCGS PIERRE RADISSON while on escort duty in the high Arctic. The performance of the system was assessed through a computer controlled data recording system, and through responses from questionnaires and interviews with the captain and navigation officers of the ship.

Seventeen data tapes were recorded and analysed. Analysis of the crew's impressions show that the system achieved its principal objectives and generated gratifying enthusiasm onboard the ship. Recommendations for future systems have been documented.

The NAWS system remains in continuous operation for both summer and winter ice operations on the CCGS PIERRE RADISSON, providing an instantaneous risk assessment for navigators.

18 Key Words	19 Distribution Statement
Response Monitoring System. Hull Stress Monitor. Instrumentation. Icebreaking. Arctic Vessels.	Limited number of copies available from sponsoring agency

20 Security Classification (of this report)	21 Security Classification (of this page)	22 No of Pages	23 Price
Unclassified	Unclassified	24	-

TDC CD1 79-005

Remerciements

L'équipe de recherche désire remercier sincèrement tous ceux qui ont contribué au succès de son entreprise, en l'occurrence, le programme d'essai et d'évaluation du système NAWS.

Elle remercie M. Gaëtan Danis du Centre de développement des transports et le commandant Paul Pelland, pour leur assistance, ainsi que MM. Daniel Gauvin et Jacques Mondy de la Garde côtière canadienne pour leurs bons conseils. Membres du comité de direction, ces personnes ont permis, par leurs avis éclairés, d'affiner le système étudié.

Elle apprécie à leur juste mesure l'assistance et la patience du commandant, des officiers et de l'équipage du PIERRE-RADISSON, dont le savoir-faire technique et la longue expérience lui ont été des plus utiles.

Enfin, l'équipe de recherche remercie tout particulièrement le Dr Ruth Heron du Centre de développement des transports, qui a élaboré le questionnaire et l'a aidée dans l'évaluation du système NAWS du point de vue ergonomique.

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION	1
2.	ERGONOMIE	3
3.	DESCRIPTION DU SYSTÈME	4
4.	MISE EN PLACE DU SYSTÈME	6
5.	FORMATION	6
6.	ESSAI ET ÉVALUATION	7
7.	ANALYSE DES RÉSULTATS	10
8.	AUTRES POSSIBILITÉS DU SYSTÈME	13

1. INTRODUCTION

Diriger un navire naviguant dans une mer chargée de glaces requiert de la part de l'officier navigateur un ensemble de qualités et d'aptitudes qui s'ajoutent à ses fonctions habituelles et qu'il doit parfaitement maîtriser. Il lui incombe notamment de décider de la route la plus sûre à suivre au travers des glaces et de la vitesse à donner au navire, celle qui évitera de le charger au-delà de ses capacités et de déformer la coque irrémédiablement.

La navigation dans les glaces requiert de l'officier navigateur qu'il puisse identifier le type, l'âge et l'épaisseur des glaces et estimer la résistance qu'elles peuvent opposer à la marche du navire. L'expérience aidant, il arrive à faire mentalement la synthèse de toutes les données qu'il reçoit et à déterminer la vitesse maximale du navire, celle qui respecte les besoins opérationnels sans compromettre pour autant la sécurité. C'est là une opération mentale qu'il doit répéter chaque fois que les conditions de navigation changent. Or, pour apprécier le bien-fondé des décisions prises, il ne dispose d'aucun moyen direct; il doit se rabattre sur des manifestations extérieures (vitesse, niveaux vibratoires) pour décider si une action correctrice est nécessaire.

En fait, les informations nécessaires à une décision raisonnée sont trop souvent insuffisantes pour diverses raisons, qu'il s'agisse de la visibilité trop basse pour permettre de reconnaître les glaces, ou bien des multiples tâches auxquelles l'officier navigateur est astreint pendant qu'il est de quart.

Qui plus est, un officier compétent à la barre d'un navire arctique, d'une cote et de dimensions données, n'est pas toujours en mesure de diriger avec la même compétence un autre navire dont les dimensions et la résistance structurelles diffèrent. Donc, la notion de vitesse sécuritaire est tout à fait subjective et toute décision dans ce sens dépend du seul jugement de l'officier.

La vitesse optimale est définie comme celle qui se rapproche le plus près possible du maximum compatible avec la sécurité du navire ou de ses systèmes. Les officiers navigateurs d'expérience tâchent de respecter cette vitesse, alors que d'autres (heureusement, une petite minorité) la dépasseront et d'autres encore (en nombre un peu plus important), exagérant la prudence, iront trop lentement, compromettant ainsi l'efficacité de marche du navire.

Le besoin existe donc d'avoir à bord un dispositif permettant au commandant de procéder à une évaluation instantanée des conditions de navigation et, ainsi, de faire les ajustements ou les corrections qui s'imposent.

Ce dispositif, c'est le système NAWS, conçu par la firme German & Milne Inc., sous contrat avec le Centre de développement des transports, pour détecter le niveau des contraintes dans la coque d'un navire se déplaçant dans les glaces. Grâce à ce système, les navires de cote arctique pourront être exploités au plus près de leurs capacités nominales.

Il s'agit d'un système réactionnel à micro-ordinateur qui analyse et interprète les contraintes prenant naissance dans la coque du navire quand ce dernier heurte les glaces. Il apporte l'information servant à guider le pilote, tout comme les autres moyens de navigation électroniques qui suppléent aux moyens traditionnels de navigation astronomique, à vue ou à l'estime.

Il fait appel à un réseau d'extensomètres pour mesurer les contraintes; celles-ci sont ensuite traitées par le micro-ordinateur qui les convertit en informations exploitables affichées sur un tableau placé sur la passerelle de navigation.

Quant aux extensomètres qui fournissent l'information primaire, ils sont répartis sur la proue du navire, des deux côtés. Leurs signaux, proportionnels aux charges des glaces, sont reconnus par le système comme étant de trois types, d'après le niveau de contrainte qui les caractérise: bas, intermédiaire, élevé.

Les niveaux de contrainte sont visualisés au fur et à mesure sur un tableau comportant une série de voyants dont l'emplacement et la couleur renseignent sur l'endroit où s'exerce la charge et l'amplitude de celle-ci. En outre, toute charge occasionnant un niveau de contrainte élevé se manifeste par un signal sonore.

Une imprimante permet d'enregistrer tous les niveaux de contrainte intermédiaires et élevés; de plus, elle indique l'amplitude maximale, l'emplacement et le moment exacts des charges correspondantes.

2. ERGONOMIE

Dans la conception d'un appareil réactionnel, le facteur humain est une considération tout aussi importante que les autres facteurs pris en compte. Dans la même veine, la formation du personnel doit faire partie intégrante du processus de mise en place du système. En effet, celui-ci ne sera accepté que dans la mesure où l'utilisateur parvient à saisir le sens de l'information qui lui est transmise et sait s'en servir. Il faut aussi que l'utilisateur puisse avoir confiance en cet appareil et puisse intégrer facilement sa consultation dans les multiples tâches qu'il doit normalement accomplir.

Dans le cas du système NAWS, cet appareil matérialise la réaction instantanée de la coque aux sollicitations extérieures, mais ne renseigne aucunement sur l'état des glaces. Après avoir détecté l'interaction instantanée coque-glaces, il la convertit en niveau de contrainte qu'il transmet ensuite au pont, apportant ainsi une dimension nouvelle à la fonction navigation. On conçoit donc aisément que le système NAWS ne peut se substituer à l'officier navigateur dont l'expérience et le jugement sont irremplaçables, mais peut ajouter à la panoplie d'informations mises à la disposition de ce dernier.

3. DESCRIPTION DU SYSTÈME

Le système NAWS a été conçu pour détecter le niveau des contraintes qui naissent à l'avant d'un navire brise-glace sous l'action des glaces et pour relayer l'information correspondante au pont. Là, sur un tableau de visualisation, un voyant s'allume chaque fois que les contraintes dépassent une certaine valeur de consigne et un signal sonore est déclenché quand elles s'approchent d'une certaine fraction de la limite élastique du bordé. Un relevé est obtenu de chaque événement considéré comme dangereux, grâce à une imprimante. Ce système comporte trois unités de base:

1. le réseau extensométrique
2. le télédétecteur
3. l'unité de commande

Le réseau extensométrique

L'efficacité du système dépend de la configuration donnée à ce réseau. C'est donc dire à quel point le choix de l'emplacement des extensomètres peut être critique.

Pour cette étude, le choix s'est fondé sur une analyse par la méthode des éléments finis de la coque au droit du propulseur d'étrave et des réservoirs de gîte, et aussi sur les résultats d'essais en vraie grandeur conduits avec le concours du brise-glace PIERRE-RADISSON de la Garde côtière canadienne dans les eaux arctiques.

Trente-deux extensomètres ont été placés, juste au-dessous de la ligne de flottaison, des deux côtés du navire, depuis l'étrave jusqu'à l'épaule.

Le télédétecteur

Il effectue le traitement des données brutes émises par les extensomètres et transmet l'information ainsi traitée à l'unité de commande qui en assure la visualisation sur le pont.

Chaque extensomètre forme l'un des bras d'un pont de Wheatstone dont la sortie alimente un amplificateur à gain élevé et à faible dérive. Celui-ci émet à son tour une tension allant de 0 à 10 volts, proportionnellement à la déformation détectée par l'extensomètre correspondant qui peut aller jusqu'à ±2 000 micropouces/pouce. Un filtrage adéquat permet d'éliminer les parasites dans le signal amplifié.

Les diverses fonctions sont prises en charge par un micro-ordinateur, lequel donne au système une souplesse très étendue. Il peut aussi modifier le nombre de canaux interrogés tout en effectuant le traitement des signaux et en procédant aux calculs nécessaires.

L'unité de commande

Elle coordonne toutes les fonctions du système NAWS. Après avoir fait l'exploration séquentielle des extensomètres, elle transmet l'information au voyant approprié du tableau de visualisation, sur la passerelle de navigation. En outre, elle recense les extensomètres hors service et en dresse la liste sur imprimante.

Le tableau d'affichage constitue un moyen commode pour visualiser les niveaux de contrainte. La partie gauche du tableau montre un réseau schématique de voyants disposés de manière à figurer en coupe la proue du navire à sa ligne de flottaison. Les couleurs jaune ou rouge de ces voyants correspondent respectivement à un niveau de contrainte intermédiaire ou élevé.

Lorsque les niveaux de contrainte sont à l'intérieur des limites sûres, un segment de l'indicateur central à colonne lumineuse verte reste allumé pour indiquer que le système fonctionne. C'est une colonne lumineuse à diodes électroluminescentes dont la fonction est d'aider l'officier à exploiter le navire au plus près de ses capacités nominales.

Une charge d'impact dépassant 50 p.cent de la limite élastique provoque l'activation de la diode correspondante pendant 4 secondes et sans égard à la durée réelle de l'impact, de manière à attirer l'attention.

L'imprimante, en bas à doite, fait le relevé de tous les niveaux de contrainte intermédiaires et élevés (voyants jaunes et rouges), indiquant la fraction en pourcentage de la limite élastique, l'emplacement et le moment exacts de l'événement.

Sur le tableau d'affichage se trouvent des boutons permettant d'interrompre le fonctionnement du signal sonore et de l'imprimante et de remettre le système à zéro. Un clavier et un écran de visualisation facilitent l'essai et l'entretien du système et autorisent certaines opérations supplémentaires, telles que l'affichage de l'heure. Mais il est possible aussi de mettre cet écran hors circuit.

4. MISE EN PLACE DU SYSTÈME

Le système NAWS d'un modèle pré-production a été mis en place à Québec, entre avril et août 1983.

Une analyse de la coque du navire a permis de déterminer le nombre et l'emplacement optimal des extensomètres. Trente-deux ont été jugés suffisants pour les besoins du système.

5. FORMATION

Le système NAWS a été conçu de manière à permettre à l'utilisateur de relier l'information qu'il en reçoit à la situation d'ensemble. Toutefois, une mise en garde s'impose concernant les limites du système, afin que l'utilisateur ne soit pas porté à s'en remettre totalement à l'appareil, croyant que celui-ci peut détecter tous les dangers possibles. Autrement, étant moins sur ses gardes, il risquerait d'être pris de court par un événement imprévu.

L'expérience aidant, le système NAWS a été construit de façon que l'information fournie par lui soit adaptée à la capacité de l'utilisateur de l'interpréter et d'agir en conséquence. En outre, afin de tirer le plus grand parti possible de cet appareil, la formation des utilisateurs a été intégrée au processus de sa mise en place.

6. ESSAI ET ÉVALUATION

Calendrier

Un programme d'essai et d'évaluation a été conduit à bord du PIERRE-RADISSON durant l'été de 1983, alors que le brise-glace effectuait des missions d'escorte dans l'Arctique. À bord, se trouvait un ingénieur de la firme German & Milne; il avait pour tâche de surveiller le système et d'aider les utilisateurs à le mettre en oeuvre et à interpréter l'information obtenue. En outre, il a observé l'accueil réservé à l'appareil par le personnel navigant, en plus de procéder à des interviews et de faire remplir un questionnaire.

Le programme d'essai et d'évaluation a eu lieu du 18 août au 10 septembre 1983. Au cours de ces 18 jours, durant lesquels l'ingénieur était à bord, le navire n'a pas navigué très longtemps dans des eaux chargées de glaces. En fait, du 25 août au 4 septembre 1983, aucune formation glaciale significative n'a été rencontrée. La raison en est, sans nul doute, l'époque de l'année où il a été décidé de faire les essais.

Mise en marche du système

Dans ces conditions, il n'a pas été possible de constituer une base de données suffisante pour permettre une analyse exhaustive du système. Il n'a pas été possible non plus de détourner le brise-glace de sa mission, de crainte de compromettre la sécurité du navire marchand qu'il escortait.

Cependant, étant donné que le but du programme était avant tout d'évaluer le système du point de vue ergonomique, les données recueillies auront servi à illustrer les commentaires obtenus.

Réaction de l'équipage

La réaction du commandant et des officiers a été favorable et leur enthousiasme durable puisque l'appareil est toujours en service à bord. Le système a atteint l'objectif fixé: servir d'aide à la navigation dans les glaces.

Les commentaires concernant le fonctionnement du système ont été obtenus à l'occasion d'interviews et par voie d'un questionnaire spécialement étudié à cette fin.

Interviews

Les opinions obtenues des personnes interviewées peuvent être résumées comme suit:

1. Étant donné que l'officier navigateur se poste la plupart du temps près du transmetteur d'ordres, il ne lui a pas été aisé de consulter le tableau de visualisation placé à l'arrière du pupitre de navigation.

   Le tableau a été placé à cet endroit parce que, de l'avis du constructeur, l'appareil n'ayant pas encore fait ses preuves, il fallait procéder au préalable à une évaluation de son utilité et de son efficacité. Autre raison: cet emplacement donnait à l'agent du constructeur libre accès au tableau sans gêner l'officier navigateur dans ses occupations.

   Par contre, l'information ne pouvait être transmise que verbalement entre l'agent et l'officier navigateur, sur appel de celui-ci. Or, certains aspects de cette information (amplitude des signaux, couleur et emplacement des voyants allumés, etc.) ne peuvent se communiquer de cette façon. De l'avis de certains officiers qui ont utilisé l'appareil, il serait beaucoup plus utile s'il se trouvait plus près du transmetteur d'ordres. L'officier pourrait ainsi se rendre compte instantanément et directement de la réaction du navire aux manoeuvres, lui permettant ainsi de mieux juger les décisions qu'il a prises et de les ajuster en conséquence.

2. L'affichage des niveaux de contrainte se fait selon le code de couleur suivant:

Zone verte:	Niveau faible	de 0 à 50 p.cent de la limite élastique
Zone jaune:	Niveau intermédiaire	de 50 à 80 p.cent de la limite élastique
Zone rouge:	Niveau élevé	80 p.cent et plus

   Alors que la colonne lumineuse correspondant à la zone verte comporte 8 segments représentant chacun quelque 6 p.cent de la limite élastique, aucune gradation n'a été prévue pour les deux autres zones, jaune et rouge, correspondant à des niveaux de contrainte supérieurs à 50 p.cent. Ainsi, lorsqu'un

voyant jaune ou rouge s'allume, on ne sait pas si le niveau correspondant se situe à la limite supérieure ou inférieure de l'échelle. Il a donc été suggéré qu'une gradation semblable à celle de la zone verte soit adoptée pour les deux autres zones.

3. Le voyant jaune ou rouge, selon le cas, ne reste allumé que trois secondes. L'impression qui prévaut est que ce laps de temps est trop court pour que l'officier puisse noter l'information, l'interpréter et agir sans qu'il ait à faire un effort de mémoire. Un temps de 10 secondes serait plus approprié.

4. Si le tableau de visualisation est rapproché, l'avis général est de prévoir des boutons permettant de régler l'intensité des signaux lumineux et sonores.

Le mode d'affichage préconisé par le commandant tient compte des opinions exprimées durant l'évaluation du système. De l'avis de la spécialiste en ergonomie du CDT, il permettrait une exploitation plus efficace de l'information.

Questionnaire

Un questionnaire élaboré selon les règles de l'art a permis de sonder l'équipage sur toutes les facettes du système. À certains égards, un questionnaire est plus utile que des interviews personnelles car il permet d'aborder la question sous tous ses aspects et de mettre en lumière les petits détails que l'on a tendance à oublier dans les interviews.

Ce questionnaire est l'oeuvre de l'agent principal en ergonomie du CDT. C'est elle également qui a analysé les réponses et rédigé un rapport récapitulatif. Venant d'une spécialiste en ergonomie, ces commentaires renforcent l'objectivité de l'évaluation faite.

7. ANALYSE DES RÉSULTATS

Objet

Un enregistreur de type particulier a été utilisé pour enregistrer sur rubans magnétiques les données véhiculées et traitées par le système NAWS. Le but était d'établir, si possible, des corrélations simples entre les données enregistrées et les commentaires des utilisateurs du système.

Un des résultats de cette initiative a été de pouvoir évaluer l'efficacité du réseau extensométrique. Sa configuration définitive avait été fondée sur une analyse structurelle de la coque du PIERRE-RADISSON et une étude statistique des avaries survenues à celle-ci. L'analyse statistique des données enregistrées (histogrammes, etc.) a permis d'évaluer l'efficacité de la configuration adoptée et de déterminer, par le niveau d'activité des extensomètres, les endroits les plus sollicités de la coque.

De plus, un logiciel capable de simuler le fonctionnement du système a été réalisé pour vérifier la qualité de l'affichage dans des conditions de service variables. Il permettra à certains milieux intéressés: Garde côtière canadienne, Centre de développement des transports et armateurs canadiens, d'évaluer le tableau d'affichage du système dans des conditions d'exploitation variables, et aussi de servir à la formation des personnes qui auront à utiliser le système NAWS.

Dans la plupart des cas, les conditions d'englacement étaient si variables qu'aucun lien significatif n'a pu être établi entre les divers paramètres de fonctionnement du navire (concentration et épaisseur des glaces, vitesse d'avancement et régime de marche, etc.). D'ailleurs, là n'était pas le but ultime de l'enregistrement, mais plutôt d'accumuler une base de données permettant de fixer les sujétions d'affichage en fonction du niveau d'activité du réseau extensométrique et, à partir de là, d'évaluer le mode d'affichage retenu en fonction des impératifs ergonomiques.

Matériel d'enregistrement

L'appareil utilisé pour l'enregistrement des données tout au long du programme d'évaluation et d'essai était un ordinateur HP-85 équipé d'un clavier alphanumérique, d'un écran cathodique, d'une imprimante à papier thermique, d'un entraîneur de rubans magnétiques, d'une mémoire vive

programmable par l'utilisateur et d'un système d'exploitation de mémoire morte. Cet appareil est de type portable, donc facilement embarcable.

Un système d'interface a été spécialeemnt étudié pour le transfert des données entre l'unité de commande du système NAWS et le HP-85. Il fait appel à la sortie normalisée ANSI/IEEE 488 qui fait communiquer entre eux les divers appareils interconnectés en les rendant compatibles les uns avec les autres. Le procédé de dialogue est utilisé pour assurer le transfert des données sans ambiguïté, de façon asynchrone et à une cadence se réglant automatiquement sur celle de l'écouteur et du parleur, vérifiant ainsi que ces appareils sont prêts à opérer.

Résultats de mesure

Au cours des deux périples à destination d'Eureka (T.N.-O.), il y a eu 131 heures d'enregistrement, soit un total de 17 rubans. Ceux-ci ont tous été dépouillés, analysés et traités statistiquement pour donner des histogrammes représentant les différentes conditions de glace rencontrées.

La fréquence des contraintes supérieures à 50 p.cent de la limite élastique (correspondant aux niveaux d'alarme jaune et rouge) a été très faible, de sorte que l'affichage a presque toujours opéré dans la zone verte. Un nombre d'alarmes aussi faible simplifie la consultation du système NAWS par l'officier navigateur. Si la fréquence des alarmes était très élevée, l'officier serait porté à faire de moins en moins cas du système, sans compter qu'il lui faudrait aussi interpréter les signaux reçus en mémorisant notamment l'ordre de leur apparition. La faible fréquence des alarmes a l'avantage d'attirer aussitôt l'attention quand il s'en produit une. Cette constatation justifie les seuils de 50 et de 80 p.cent de la limite élastique retenus, dans le cas de niveaux de contrainte intermédiaires et élevés, respectivement, et qui seront maintenus dans tous les systèmes NAWS construits.

Il a été constaté que les niveaux de contrainte étaient plus élevés lorsque le navire chargeait les glaces que lorsqu'il avançait en continu. Ceci est normal puisque cette opération de force vise justement à vaincre une plus grande résistance à l'avancement.

Niveau d'activité du réseau

À partir des commentaires obtenus et des données enregistrées, les niveaux d'activité du réseau extensométrique ont pu être compilés pour les deux régimes de marche et présentés sous forme de tableau.

Celui-ci montre que la configuration en deux faisceaux donnée au réseau extensométrique a été judicieuse car elle a permis de mesurer les impacts observés tant en régime de charge qu'en marche continue.

8. AUTRES POSSIBILITÉS DU SYSTÈME

Même si la fonction primaire du système NAWS est de détecter les niveaux de contrainte qui naissent à l'avant du navire sous l'action des glaces, ce système peut également servir à détecter les contraintes induites par les glaces ailleurs dans la structure du navire et pouvant être tout aussi dangereuses.

La navigation dans des champs de glace, par exemple, exerce sur la coque des efforts latéraux élevés qui peuvent atteindre des valeurs extrêmes. Il peut en être de même lorsqu'un navire est pris dans les glaces d'hiver. Dans ces deux cas, des extensomètres placés au milieu du navire permettraient de détecter les efforts exercés et de lancer l'alerte lorsque ceux-ci se font excessifs.

De plus, durant les opérations de déglaçage, les hélices et le gouvernail sont susceptibles d'être endommagés par les fragments de glace. Le système NAWS peut servir à prévenir une telle éventualité.

Il peut aussi servir à déterminer les efforts exercés sur la structure du navire par des agents autres que les glaces, et qui sont tout aussi préoccupants.

Nous visons, par cette dernière application, le pilonnement résultant des charges hydrodynamiques provoquées par une mer démontée et s'exerçant sur telle ou telle partie de la poutre-navire. Ces charges imprévues peuvent causer le fouettement ou le gauchissement du bordage et le faire vibrer à des fréquences de loin supérieures à celles dues au simple effet de houle. En outre, les alternances très rapides qui ont lieu suscitent des tensions pouvant affaiblir les matériaux par fatigue, notamment aux points où la concentration des contraintes est intense et où les risques de fissuration sont plus élevés que sous l'action de charges cycliques variant lentement. Le système NAWS pourrait être adapté pour suivre de près l'effet du pilonnement et de la fatigue des structures.

Enfin, le système NAWS peut être muni de capteurs autres que des extensomètres. Accéléromètres, thermistances et autres transducteurs peuvent être branchés sur ce système pour mesurer divers paramètres, dynamiques ou thermiques, par exemple.